

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of :

Hermann WAGNER et al.

Serial No. : Unassigned

Filed : April 22, 2004

For : METHOD AND APPARATUS FOR REMOVING AN EDGE REGION OF A LAYER APPLIED TO A SUBSTRATE AND FOR COATING A SUBSTRATE AND A SUBSTRATE

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT(S)

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

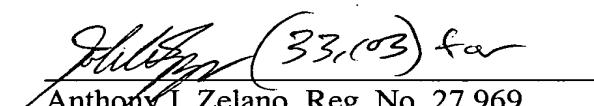
Submitted herewith is a certified copy of each of the below-identified document(s), benefit of priority of each of which is claimed under 35 U.S.C. § 119:

COUNTRY	APPLICATION NO.	FILING DATE
Germany	103 18 681.6	April 23, 2003

Acknowledgment of the receipt of the above document(s) is requested.

No fee is believed to be due in association with this filing, however, the Commissioner is hereby authorized to charge fees under 37 C.F.R. §§ 1.16 and 1.17 which may be required to facilitate this filing, or credit any overpayment to Deposit Account No. 13-3402.

Respectfully submitted,



Anthony J. Zelano, Reg. No. 27,969
Attorney for Applicants

MILLEN, WHITE, ZELANO
& BRANIGAN, P.C.
Arlington Courthouse Plaza 1
2200 Clarendon Blvd. Suite 1400
Arlington, Virginia 22201
Telephone: (703) 243-6333
Facsimile: (703) 243-6410

Attorney Docket No.: KEKO-2

Date: April 22, 2004
K:\keko\2\Submission of Priority Documents.doc

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 18 681.6

Anmeldetag: 24. April 2003

Anmelder/Inhaber: Firma SCHOTT GLAS, 55122 Mainz/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zum Entfernen eines Randbereichs einer Substratschicht und zur Substratbeschichtung sowie Substrat

IPC: B 23 K 26/36

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 15. März 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Stanschus

Anmelder/in:
Schott Glas
Hattenbergstraße 10
55122 Mainz

Verfahren und Vorrichtung zum Entfernen eines Randbereichs einer Substratschicht und zur Substratbeschichtung sowie Substrat

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Entfernen eines Randbereichs einer auf einem Substrat aufgebrachten Schicht sowie zum Beschichten eines Substrats, insbesondere mit einer Photolackschicht. Ferner betrifft die vorliegende Erfindung ein Substrat, auf das eine Schicht aufgebracht und ein Randbereich erfindungsgemäß entfernt ist, insbesondere eine Photolackschicht zur Verwendung in einem mikrolithographischen Verfahren.

Beim Beschichten von Substraten, beispielsweise von Wafers, Maskenrohlingen (mask blanks), Photomasken oder Substraten zur Verwendung in LCD-Displays, werden auch der Rand und die Kanten des Substrats mit beschichtet. An diesen Stellen ist die Beschichtung jedoch unerwünscht, da im Kontakt mit Handlingswerkzeugen, beispielsweise mit Vakuum-Greifvorrichtungen, leicht Abrieb entstehen kann, der die Substrate kontaminiert kann. Mit zunehmender Integrationsdichte von mikroelektronischen Strukturen werden diese Probleme immer gravierender. Deshalb versucht man, die Beschichtung vom Rand und/oder der Kante von Substraten wieder zu entfernen.

Es ist bekannt, dass es beim Beschichten von Halbleiterwafers mit einem Photolack durch Aufschleudern (spin coating) zu einem verdickten Randbereich (edge bead) kommt. beim Aufschleudern wird ein Photolack-Tröpfchen auf der Drehachse eines rasch rotierenden Wafers aufgebracht, das auf Grund von Zentrifugalkräften radial verteilt wird. Dabei bildet sich der verdickte Randbereich aus. Während nachfolgender Prozessschritte, bei denen der Wafer mit Hilfe eines am Rand des Wafers ansetzenden Halte- oder Greifmittels ortsfest gehalten wird, induziert der verdickte Randbereich auf die aufgebrachte Photolackschicht auch Spannungen, die zu Fehlern bei einer nachfolgenden Belichtung führen können. Im Stand der Technik sind deshalb verschiedene Verfahren vorgeschlagen worden, um den verdickten Randbereich wieder zu entfernen (edge bead removal).

Auch bei galvanischen Beschichtungsverfahren treten verdickte Randbereiche auf. Als Start- bzw. Impfschicht (seed layer) wird häufig eine leitfähige Metallschicht aufgedampft,

beispielsweise mittels physical vapor deposition (PVD), auf der anschließend eine Metallschicht galvanisch abgeschieden wird. Die Abscheidungsrate ist häufig am Rand eines Substrats größer, was beispielsweise zu unterschiedlich großen Stromdichten über den Querschnitt des Substrats und zu mechanischen Spannungen führt.

Um solche verdickten Randbereiche selektiv zu entfernen, wird im Stand der Technik ein geeignetes Lösungs- oder Ätzmittel selektiv auf den Randbereich aufgebracht. US 5,952,050 offenbart ein Verfahren, bei dem ein Lösungsmittel mit Hilfe einer Düse selektiv auf den Rand aufgesprüht wird. Der von dem Randbereich gelöste Photolack wird von einem Vakuum-Sauganschluss abgesaugt. US 5,362,608 offenbart ein Lösungsmittel und ein Verfahren zum Ablösen von Randbereichen auf einem Wafer.

US 4,875,989 offenbart eine Vorrichtung zur Bearbeitung von Wafern, bei der eine Chemikalie selektiv ringförmig auf den abzutragenden Randbereich aufgebracht wird.

US 6,267,853 offenbart eine Vorrichtung, bei der ein Ätzmittel am Umfangs-Randbereich eines Wafers aufgesprüht wird, um einen verdickten Randbereich einer Start- bzw. Impfschicht aus Metall abzulösen.

WO 01/82001 A1 offenbart eine Vorrichtung, bei der ein verdickter Randbereich einer Photolackschicht selektiv, ringförmig belichtet und dann abgelöst wird.

Bei diesen Verfahren besteht allerdings die Gefahr, dass die Lackschicht an Stellen, die für spätere Prozessschritte benötigt werden, durch Spritzer kontaminiert wird oder Lösungsmitteldämpfe absorbiert, was dort die funktionellen Eigenschaften, beispielsweise Empfindlichkeit, Dunkelabtrag, Haftung, ungünstig beeinflusst. Einige Photolacke lassen sich mit diesen Verfahren wegen ihrer schweren Löslichkeit nicht restlos entfernen. Häufig werden im Stand der Technik zusätzlich zu den Lösungs- bzw. Ätzmitteln noch mechanische Reinigungsmittel, wie beispielsweise Bürsten, eingesetzt, welche die Photolackschicht zusätzlich schädigen können.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein zuverlässigeres und einfacheres Verfahren zum Entfernen eines Randbereichs einer auf einem Substrat aufgebrachten Schicht sowie zum Beschichten eines Substrats mit einer Schicht bereitzustellen. Ferner soll gemäß der vorliegenden Erfindung eine entsprechende Vorrichtung bereitgestellt werden sowie ein Substrat, das mit einer Schicht, insbesondere einer Photolackschicht zur Verwendung in einem mikrolithographischen Verfahren, beschichtet ist, bei der ein Randbereich zuverlässig entfernt ist.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen nach Anspruch 1 bzw. 11, durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen nach Anspruch 15 bzw. 25 sowie durch ein Substrat nach Anspruch 12. Vorteilhafte weitere Ausführungsformen sind Gegenstand der rückbezogenen Unteransprüche.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Entfernen eines Randbereichs einer Schicht, die auf einem Substrat aufgebracht ist, bereitgestellt, bei welchem Verfahren ein Laserstrahl auf den Randbereich abgebildet und der Randbereich durch den Laserstrahl abgetragen wird. Vorteilhaft ist, dass ein Laserstrahl in einfacher Weise sehr präzise abgebildet werden kann, so dass der abzutragende Randbereich mit hoher Genauigkeit, die im wesentlichen nur durch Beugungseffekte oder dergleichen begrenzt ist, vorgegeben werden kann. Vorteilhaft ist ferner, dass für einen Laserstrahl diverse Parameter, beispielsweise Laserleistung, Laser-Pulsdauer, Durchmesser des Laserstrahls im Bereich des Fokus bzw. im Randbereich, in einfacher Weise variiert werden können, so dass erfindungsgemäß eine Mehrzahl von Freiheitsgraden zur Verfügung steht, um die Qualität der Abtragung des Randbereichs geeignet vorzugeben.

Insbesondere steht mit der Wahl der Wellenlänge des verwendeten Laserstrahls ein Parameter zur Verfügung, der in überraschend einfacher Weise optimal an die Beschaffenheit des im Randbereich abzutragenden Materials angepasst werden kann. Beispielsweise kann die Wellenlänge auf oder neben das Maximum einer Absorptionsbande oder einer Rotationsbande des abzutragenden Materials eingestellt werden.

Bevorzugt wird der Laserstrahl mit Hilfe eines Abbildungsmittels, beispielsweise einer Linse oder eines Linsensystems, eines Spiegels oder Spiegelsystems oder einer diffraktiven Optik, geeignet auf den abzutragenden Randbereich fokussiert, so dass der abzutragende Randbereich noch genauer definiert werden und die in diesen Bereich einzutragende Energiedichte noch weiter erhöht werden kann. Zweckmäßig wird der Laserstrahl auf den Randbereich punktförmig fokussiert, was zu einer maximalen Leistungsdichte in dem Fokus führt. Der Laserstrahl kann auch linienförmig abgebildet und fokussiert werden, so dass gleichzeitig ein linienförmiger Randbereich abgetragen werden kann. Bevorzugt ist der linienförmige Fokusbereich senkrecht zu dem Rand des Substrats ausgerichtet. Zur linienförmigen Abbildung kann eine Zylinderlinse oder ein System aus Zylinderlinsen oder länglichen Hohlspiegeln verwendet werden.

Gemäß einer ersten Ausführungsform wird der Laserstrahl so auf den Randbereich abgebildet, dass der Laserstrahl im Wesentlichen senkrecht auf die Oberfläche des Substrats einfällt. In dieser Konfiguration kann das Substrat ohne Rücksicht auf störende Optiken etc. auf im Wesentlichen gleicher Höhe hin- und herbewegt werden. Alternativ kann der Laserstrahl auch so auf den Randbereich abgebildet werden, dass der Laserstrahl im

Wesentlichen parallel zu einer von der Substratoberfläche aufgespannten Ebene einfällt. Insgesamt fällt der Laserstrahl bei dieser Konfiguration im Wesentlichen streifend auf den Photolack auf die Substratoberfläche ein und trägt einen linienförmigen Bereich parallel zur Substratoberfläche ab. Insbesondere wenn das Substrat kreisrund ist, wird es bevorzugt, wenn der Laserstrahl tangential zu dem Rand des kreisrunden Substrats, beispielsweise Wafers oder Maskblanks, einfällt. Durch einfaches Drehen des Substrats kann so insgesamt ein konzentrischer Randbereich abgetragen werden. Selbstverständlich kann der Laserstrahl auch in geeigneter anderer Konfiguration auf das Substrat und den Randbereich abgebildet werden.

Bevorzugt werden die Parameter des Laserstrahls, insbesondere Laserleistung, Pulsdauer und Wellenlänge, so gewählt, dass der abzutragende Randbereich verdampft oder nahezu vollständig verdampft. Aufgrund einer plötzlichen Wärmeausdehnung des entstehenden Dampfes können auch mechanische Effekte zu einer weiteren Abtragung des Randbereichs beitragen. Die Einzelheiten der Abtragung können erfundungsgemäß durch einfache Variation der relevanten Laserparameter sowie durch einfache Versuchsreihen in überraschend einfacher Weise ermittelt werden.

Damit nicht Spritzer oder Dämpfe nicht abzutragende Bereiche der Schicht kontaminieren oder schädigen, ist bevorzugt in der Nähe des Randbereichs eine Absaug- oder Abblasvorrichtung zum Absaugen oder Abblasen des abgetragenen Randbereichs angeordnet.

Bevorzugt werden der Laserstrahl und das Substrat relativ zueinander bewegt, während der Laserstrahl den Randbereich abtastet und abträgt. Mit der Geschwindigkeit, mit der der Laserstrahl und das Substrat relativ zueinander bewegt werden, steht ein weiterer Parameter zur Verfügung, mit dem die Qualität der Abtragung in überraschend einfacher Weise beeinflusst werden kann. Laserstrahl und Substrat können mechanisch relativ zueinander bewegt werden. Beispielsweise kann das Substrat mit einem Roboter unter dem Laserstrahl verfahren werden oder kann das Substrat auf einem Verfahrtisch angeordnet sein, der das Substrat geeignet verschiebt. Oder der Ort des Laserstrahls auf dem Substrat kann optisch verfahren werden. Beispielsweise kann ein Spiegel oder können mehrere Spiegel, der bzw. die zur Abbildung auf den Randbereich dient bzw. dienen, bewegt werden, beispielsweise mittels Piezo-Aktuatoren, oder kann der Spiegel bzw. können die Spiegel den Laserstrahl über den abzutragenden Bereich scannen. Oder der Laserstrahl kann in eine Glasfaser eingekoppelt und an das Substrat geführt werden, wo die Glasfaser, und ggfs. eine zugehörige Fokussierungsoptik, und das Substrat relativ zueinander bewegt werden. Selbstverständlich können mechanische und optische System geeignet kombiniert werden, um den Laserstrahl und das Substrat relativ zueinander zu bewegen.

Zweckmäßig kann der Laserstrahl geringfügig hin- und herbewegt werden, während der Laserstrahl den Randbereich abträgt. Somit kann die zur Abtragung eingebrachte Laserleistung besser vergleichmässigt werden und kann auch ein größerer Randbereich ohne Änderung der Fokussierung abgetragen werden. Zweckmäßig erfolgt die Hin- und Herbewegung periodisch und im Wesentlichen senkrecht zum Rand des Substrats, beispielsweise bei einem kreisrunden Substrat radial. Zum Hin- und Herbewegen können beispielsweise die vorgenannten mechanischen und/oder optischen Systeme verwendet werden

Erfnungsgemäß kann der Randbereich präziser abgetragen werden. Somit kann der Randbereich auch im Wesentlichen senkrecht zur Substratoberfläche, stufenförmig abgetragen werden. Selbst wenn auf eine Metallschicht, z. B. Chrom-Schicht, eines Maskenrohlings eine weitere Lackschicht, beispielsweise eine Photolackschicht, aufgebracht ist, kann die darunter befindliche Metallschicht erfundungsgemäß nach dem Randabtrag zuverlässig kontaktiert werden, beispielsweise zur Entladung während eines Elektronenstrahlschreibens einer Photomaske.

Bevorzugt wird der von dem Laserstrahl abgetragene Randbereich optisch abgetastet, um einen Parameter des Laserstrahls, insbesondere dessen Leistung oder Pulsdauer, so anzupassen oder zu regeln, dass der Randbereich im Wesentlichen vollständig abgetragen wird. Die optische Abtastung kann während oder im Anschluss an die Abtragung des Randbereichs erfolgen. In beiden Fällen können die Parameter, welche die Qualität der Abtragung beeinflussen, noch geeigneter eingestellt werden. Grundsätzlich kann eine solche optische Abtastung jedoch auch an einem gesonderten Testbereich, der im Wesentlichen identisch zu dem abzutragenden Randbereich ausgebildet und beschichtet ist, an einem anderen Ort auf dem Substrat oder außerhalb des Substrats erfolgen. In diesem Falle wird eine Test-Abtragung zunächst an dem Testfeld vorgenommen werden und wird die Abtragung des Randbereichs erst dann vorgenommen, wenn die Qualität der Abtragung auf dem Testfeld für ausreichend befunden worden ist. Zur optischen Abtastung des Randbereichs bzw. Testfelds kann ein reflektierter, gestreuter oder transmittierter Teil eines auf den Randbereich bzw. das Testfeld einfallenden Lichtstrahls verwendet werden, der beispielsweise von einer LED oder einer Laserdiode erzeugt und geeignet abgebildet wird. Zur optischen Abtastung kann auch eine mikroskopische Aufnahme oder eine makroskopische Aufnahme des abgetragenen Randbereichs bzw. Testfelds herangezogen werden, die beispielsweise in einen Computer eingelesen und von diesem automatisch analysiert wird.

Bevorzugt wird ein Blendenmittel verwendet, das verhindert, dass der Laserstrahl auf andere Bereiche des Substrats als den abzutragenden Randbereich abgebildet wird. Wenn das Substrat beispielsweise kreisrund ist, kann das Blendenmittel eine kreisrunde Scheibe im

Lichtgang des Laserstrahls sein, welche nicht abzutragende Bereiche der Schicht abschattet. Zur Erzielung noch vorteilhafterer Randeigenschaften des abzutragenden Randbereichs können bei dieser Ausführungsform zusätzlich auch Beugungseffekte an dem Blendenmittel ausgenutzt werden.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird auch ein Verfahren zum Beschichten eines Substrats mit einer Schicht, insbesondere mit einer Photolackschicht zur Verwendung in einem mikrolithographischen Verfahren, bereitgestellt, bei welchem Verfahren eine Schicht auf das Substrat aufgebracht und ein Randbereich der aufgebrachten Schicht mit Hilfe eines Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung abgetragen wird. Zum Aufbringen der Schicht können beliebige Beschichtungsverfahren verwendet werden, beispielsweise spin coating, dip coating bzw. Tauchverfahren oder Aufsprühen. Mit Hilfe des Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung kann der Randbereich noch geeigneter abgetragen werden. Erfindungsgemäß kann das Substrat mit einer noch homogeneren und spannungsfreieren Schicht beschichtet werden. Gemäß der vorliegenden Erfindung wird auch ein Substrat bereitgestellt, das mit einer Schicht beschichtet ist, wobei ein Randbereich der Schicht mit Hilfe des Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung abgetragen ist. Das Substrat ist bevorzugt mit einer Photolackschicht zur Verwendung in einem mikrolithographischen Verfahren beschichtet. Bevorzugt ist das Substrat ein Halbleitersubstrat bzw. Wafer. Ganz besonders bevorzugt ist das Substrat ein Maskenrohling (mask blank) zur Herstellung von Masken für ein mikrolithographisches Herstellungs- und Belichtungsverfahren.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird auch eine Vorrichtung zum Entfernen eines Randbereichs einer Schicht, die auf einem Substrat aufgebracht ist, bereitgestellt, die Vorrichtung umfassend eine Laserlichtquelle, um einen Laserstrahl abzustrahlen, und ein Abbildungsmittel, um den Laserstrahl auf den Randbereich des Substrats abzubilden, wobei die Laserlichtquelle ausgelegt ist, um den Randbereich mit dem Laserstrahl abzutragen, und die Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgelegt ist.

Nachfolgend werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben werden, worin:

Fig. 1 in einem Querschnitt und einer Draufsicht eine erste Ausführungsform einer Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt;

Fig. 2 in einem Querschnitt und einer Draufsicht eine zweite Ausführungsform einer Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt;

Fig. 3 in einem Querschnitt und einer Draufsicht eine dritte Ausführungsform der Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt, um einen Randbereich bei einem im Wesentlichen rechteckförmigen Substrat abzutragen;

Fig. 4 in einer schematischen Perspektivenansicht eine vierte Ausführungsform der Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt;

Fig. 5a das Ergebnis einer mechanischen Abtastung eines Randbereichs eines Maskenrohlings darstellt, der gemäß der vorliegenden Erfindung abgetragen worden ist; und Fig. 5b und 5c das Ergebnis einer mechanischen Abtastung eines Randbereichs eines Maskenrohlings darstellt, der durch Aufsprühen eines Lösungsmittels auf den Randbereich abgetragen worden ist.

In den Figuren bezeichnen identische Bezugszeichen identische oder im Wesentlichen gleich wirkende Elemente oder Funktionsgruppen. Beim Studium der nachfolgenden Beschreibung von bevorzugten Ausführungsbeispielen werden dem Fachmann weitere Merkmale, Modifikationen und Aufgaben gemäß der vorliegenden Erfindung ersichtlich werden.

Die Fig. 1 zeigt in einem schematischen Querschnitt und in einer Draufsicht eine erste Ausführungsform einer Vorrichtung 1a gemäß der vorliegenden Erfindung. Die Vorrichtung 1a umfasst eine Haltevorrichtung 5, auf der ein Substrat 2 gehalten wird. Die Haltevorrichtung 5 kann beispielsweise eine Vakuumspannvorrichtung (chuck) sein. Wie durch den Pfeil angedeutet, kann die Haltevorrichtung 5 um eine Drehachse 6 gedreht werden. Die Haltevorrichtung 5 kann zum Aufschleudern einer Photolackschicht auf das Substrat 2 ausgelegt sein, also für relativ hohe Drehzahlen. Die Haltevorrichtung 5 kann auch als Haltelement in einem Roboterarm oder in einer Fertigungsstraße in der Halbleiterfertigung ausgebildet sein.

Auf das Substrat 2 ist eine Schicht 3 aufgebracht. Der Randbereich 4 der Schicht 3 ist verdickt, wie in der Fig. 1 schematisch dargestellt. Unter dem Begriff "Randbereich", wie er in dieser Patentanmeldung verwendet wird, seien grundsätzlich Bereiche auf der Substratoberfläche und/oder auf der Stirnseite des Umfangsrands des Substrats 2 und/oder auf der Rückseite des Substrats 2 verstanden. Die Schicht 3 kann aus einem Photolack, einem Schutzlack, einer dünnen Metallisierung oder aus einer oder mehreren dielektrischen Schichten bestehen.

Ein Laserstrahl 7 wird mit Hilfe einer Linse 8, die ein Beispiel für ein Abbildungsmittel darstellt, auf den Randbereich 4 abgebildet. Gleichzeitig wird der Laserstrahl 7 mit Hilfe der Linse 8 fokussiert. Der Brennpunkt der Linse 8 liegt bevorzugt in dem Randbereich 4, kann jedoch auch geringfügig darüber oder darunter liegen. Im Bereich des Fokus weist der Laserstrahl 7 im wesentlichen eine Gaußsche Strahltaille auf, deren Länge im wesentlichen durch den Durchmesser des Laserstrahl 7 vor der Linse, durch die Linse oder das Linsensystem 8 und die Eigenschaften der Linse bzw. des Linsensystems 8 vorgegeben ist. Bevorzugt wird die Strahltaille so eingestellt, dass der Fokus-Durchmesser sich im Bereich der Schicht 3 minimal ändert.

Im unteren Teil der Fig. 1 befindet sich der Fokus 7 radial einwärts zu dem schraffiert dargestellten abzutragenden Randbereich 4. In der Nähe zum Umfangsrand des Substrats 2 und zu dem Laserfokus 10 ist eine Absaugvorrichtung 9 angeordnet, die abgetragene Schichtdämpfe und Partikel absaugt, so dass nicht abzutragende Bereiche der Schicht 3 oder die Optik einer den Randbereich aufnehmenden Kamera nicht weiter kontaminiert werden. Gemäß der Fig. 1 ist die Absaugvorrichtung 9 oberhalb des Substrats 2 angeordnet. Grundsätzlich kann die Absaugvorrichtung 9 auch in anderer geeigneter Weise angeordnet sein, beispielsweise den gesamten Randbereich des Substrats 2 umgreifend.

Weil gemäß der Fig. 1 der Laserstrahl 7 im wesentlichen senkrecht auf die Substratoberfläche einfällt und die Absaugvorrichtung 9 oberhalb des Substrats 2 angeordnet ist, kann das Substrat 2 im wesentlichen ungehindert auf dem Niveau des Substrats 2 gehandhabt werden.

Grundsätzlich kann statt der Absaugvorrichtung 9 auch eine Abblasvorrichtung 9' vorgesehen sein, die abgetragene Schichtdämpfe oder Partikel weg von dem Rand des Substrats bläst.

Zum Abtragen des Randbereichs 4 wird der Laserstrahl 7 radial auswärts bewegt (Pfeil r), bis der Fokus 10 in dem abzutragenden Randbereich 4 liegt. Anschließend wird die Laserleistung geeignet eingestellt, um in dem Bereich des Laserfokus 10 die Schicht 3 durch Verdampfen abzutragen. Während der Abtragung wird das Substrat 2 von der Haltevorrichtung 5 weiter gedreht. Somit trägt der Laserstrahl 7 einen im Wesentlichen ringförmigen Randbereich 4 gleichmäßig ab. Zusätzlich kann der Laserstrahl 7 auch rasch in radialer Richtung hin- und herbewegt werden, um einen noch breiteren Randbereich abzutragen. Zum periodischen Hin- und Herbewegen des Laserstrahls 7 kann ein nicht dargestellter Spiegel periodisch verkippt werden, beispielsweise mit Hilfe eines Piezo-Aktuators, kann die Linse 8 bzw. eine Linse des Linsensystems 8 periodisch verkippt werden oder kann eine den Laserstrahl 7 führende Glasfaser, gegebenenfalls mit einer Abbildungsoptik, rasch hin und her bewegt werden.

Die Fig. 2 zeigt in einem Querschnitt und in einer Draufsicht eine zweite Ausführungsform einer Vorrichtung 1b gemäß der vorliegenden Erfindung. Gemäß der zweiten Ausführungsform wird der Laserstrahl 7 so auf den Randbereich 4 abgebildet, dass der Laserstrahl 7 im Wesentlichen parallel zu einer von der Substratoberfläche aufgespannten Ebene einfällt und der Laserstrahl tangential auf den Rand des Substrats 2 einfällt. Während der Abtragung des Randbereichs 4 kann der Laserstrahl 7 rasch radial hin und her bewegt werden (Pfeil r) und/oder rasch in der z-Richtung hin- und herbewegt werden, um ein noch größeres Volumen abzutragen.

Die Fig. 3 zeigt in einem Querschnitt und einer Draufsicht eine dritte Ausführungsform einer Vorrichtung 1c gemäß der vorliegenden Erfindung. Gemäß der dritten Ausführungsform wird ein im Wesentlichen rechteckförmiges Substrat 2 bearbeitet. Gemäß der dritten Ausführungsform werden der Laserstrahl 7 und das Substrat 2 relativ zueinander so bewegt, dass der Laserstrahl 7 entlang dem Umfangsrand des Substrats 2 verfährt. Insgesamt erfordert dies eine relative Verfahrbarkeit von Laserstrahl 7 und Substrat 2 in der x-Richtung und in der y-Richtung, was sich beispielsweise durch einen XY-Verfahrtisch zum Halten des Substrats oder durch einen Roboterarm zum Halten des Substrats 2 oder durch eine den Laserstrahl 7 führende Glasfaser (nicht dargestellt) bewerkstelligen lässt, die verfahrbar gehalten ist.

Die Fig. 4 zeigt in einer schematischen Perspektivansicht eine vierte Ausführungsform einer Vorrichtung 1d gemäß der vorliegenden Erfindung. Die Vorrichtung 1d umfasst eine Blende 12, die für den Laserstrahl 7 nicht transparent ist und somit verhindert, dass der Laserstrahl 7 auf andere Bereiche des Substrats 2 als den abzutragenden Randbereich 4 abgebildet wird. Zweckmäßig ist die Blende 12 unter einem geringen Abstand zur Substratoberfläche angeordnet. Somit kann es nahe dem Rand der Blende 12 zu Beugungseffekten kommen, was einen zusätzlichen Freiheitsgrad darstellt, um das Volumen, wo der Randbereich 4 abgetragen wird, noch geeigneter vorzugeben und zu entfernen.

Die Fig. 5a zeigt das Ergebnis einer mechanischen Abtastung eines Randbereichs eines Maskenrohlings, der gemäß der vorliegenden Erfindung abgetragen worden ist. Ein Maskenrohling aus einem Quarzglas wurde mit einem unlöslichen bzw. schwer löslichen Elektronenstrahlack (Typ ZEP 7000; Hersteller Nippon Zeon) beschichtet und bei einer Temperatur (Baketemperatur) von 200 °C ausgehärtet. Anschließend wurde der aufgebrachte Elektronenstrahlack mit Hilfe eines Laserstrahls wie vorstehend beschrieben abgetragen. Der Randbereich wurde dann mit einem Tastmessgerät (Typ: Dektak) abgetastet. In der Fig. 5a ist die gemessene Schichtdicke in nm über die Richtung senkrecht zum Randbereich als Länge in Mikrometer aufgetragen. Wie der Fig. 5a entnommen werden kann, fällt die Schichtdicke in dem Randbereich von etwa 270 nm über eine Länge von 200 Mikrometer auf Null ab. Die Kante der aufgebrachten Lackschicht fällt stetig ab, ohne dass es in dem Randbereich zu einer Schichtverdickung kommt. Insgesamt fällt die Schichtdicke somit gleichmäßig und im Wesentlichen ohne Einbrüche bzw. Unstetigkeiten des Randverlaufs ab. Die Stirnseite des abgetragenen Randbereichs ist im Wesentlichen frei von der aufgebrachten Lackschicht, so dass eine darunter befindliche Schicht auch seitlich kontaktiert werden kann, beispielsweise zum Ableiten von elektrischen Ladungen.

Fig. 5b und 5c zeigen als Vergleich das Ergebnis einer mechanischen Abtastung eines Randbereichs eines Maskenrohlings, der herkömmlich durch Aufsprühen eines

Lösungsmittels auf den Randbereich abgetragen worden ist. Ein Maskenrohling aus einem Quarzglas wurde mit einem löslichen Photolack (Typ IP3600) beschichtet. Weil bei diesen Ausführungsbeispielen ein Photolack verwendet wurde, ist die aufgebrachte Photolackschicht im Vergleich zur Fig. 5a dicker. Anschließend wurde der aufgebrachte Photolack durch Aufsprühen eines den Photolack lösenden Lösungsmittels in dem Randbereich abgetragen. Der Randbereich wurde dann wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel mit einem Tastmessgerät (Typ: Dektak) abgetastet. In den Fig. 5b und 5c ist jeweils die gemessene Schichtdicke in nm über die Richtung senkrecht zum Randbereich als Länge in Mikrometer aufgetragen.

Wie der Fig. 5b entnommen werden kann, fällt die Schichtdicke in dem Randbereich von etwa 500 nm über eine Länge von etwa 150 Mikrometer stärker ab, um anschließend über eine Länge von etwa 400 Mikrometer auf Null abzufallen. Die Kante der aufgebrachten Lackschicht fällt jedoch nicht stetig ab. Vielmehr kommt es im Randbereich zunächst zu einer beträchtlichen Schichtverdickung, wo die Schichtdicke auf über 3000 nm ansteigt. Insgesamt fällt die Schichtdicke somit nicht gleichmäßig ab sondern weist der Randverlauf ein Maximum auf, dessen Höhe die Dicke der aufgebrachten Lackschicht deutlich übertrifft.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß der Fig. 5b wurde die Düse zum selektiven Aufsprühen des Lösungsmittels nur einmal verfahren, während bei dem Ausführungsbeispiel gemäß der Fig. 5c die Düse zum selektiven Aufsprühen des Lösungsmittels zweimal verfahren wurde. Wie der Fig. 5c entnommen werden kann, fällt die Schichtdicke in dem Randbereich von etwa 500 nm über eine Länge von etwa 200 Mikrometer stärker ab, um danach noch über einen weiteren Bereich von ca. 300 Mikrometer auf Null abzufallen. Die Kante der aufgebrachten Lackschicht fällt jedoch nicht stetig ab. Vielmehr kommt es im Randbereich zunächst zu zwei Bereichen mit einer beträchtlichen Schichtverdickung, wo die Schichtdicke auf über 2000 nm bzw. 1600 nm ansteigt. Insgesamt fällt die Schichtdicke ebenfalls nicht gleichmäßig ab sondern weist der Randverlauf zwei Maxima auf, deren Höhen jeweils die Dicke der aufgebrachten Lackschicht deutlich übertreffen.

Bei den Ausführungsbeispielen gemäß den Fig. 5b und 5c ist die Stirnseite des abgetragenen Randbereichs nicht vollständig frei von der aufgebrachten Lackschicht. Vielmehr fällt die Dicke der Lackschicht in zwei Bereichen zunächst stark – abgesehen von den beobachteten Schichtverdickungen – und anschließend allmählich ab. Eine unter der Lackschicht befindliche Schicht kann somit nicht oder nur eingeschränkt von der Seite her kontaktiert werden, beispielsweise zum Ableiten von elektrischen Ladungen.

Wie den Figuren entnommen werden kann, kann das Substrat 2 grundsätzlich eine beliebig geformte Außenkontur aufweisen. Bevorzugt werden jedoch kreisrunde oder rechteckförmige Außenkonturen. Bei dem Substrat kann es sich um ein Halbleitersubstrat,

beispielsweise einen Wafer, um eine Glas- oder Quarzglasscheibe, beispielsweise ein Substrat für einen LCD-Display oder einen Maskenrohling (mask blank), oder um ein beliebiges anderes Substrat zur Verwendung in der Herstellung von mikroelektronischen Bauelementen mittels Lithografie handeln, beispielsweise auch eine Maske, auf die ein abzutragender Photolack aufgebracht ist. Die abzutragende Schicht kann eine Photolackschicht, eine Schutzlackschicht, eine dünne Metallisierung oder eine dünne dielektrische Schicht oder ein System aus mehreren dünnen dielektrischen Schichten sein. Die Parameter des Laserstrahls können in geeigneter Weise an die Eigenschaften des Substrats und der abzutragenden Schicht angepasst werden.

Relevante Parameter des Lasers sind insbesondere die Laserleistung, die mittlere Pulsdauer von Laserimpulsen, deren Wiederholungsrate, die Laserwellenlänge und der Durchmesser des Laserstrahls im Bereich des Fokus. Bevorzugt werden gemäß der vorliegenden Erfindung Laserleistungen im Bereich von etwa 50W bis etwa 100W verwendet. Die Laserleistung kann bis zu etwa 200W betragen, im Wesentlichen nur begrenzt durch die Zerstörschwelle des unter der abzutragenden Schicht 3 befindlichen Substrats 2. Neben einer Abtragung tragen zur Zerstörschwelle des Substrats 2 auch die von dem Substrat 2 absorbierte Wärmeleistung und dadurch verursachte mechanische Spannungen bei.

Als Laserlichtquellen kommen beispielsweise CO₂-Laser, Nd:YAG-Laser, frequenzverdoppelte oder frequenz-verdreifachte Nd:YAG-Laser, Excimer-Laser, Halbleiterdiodenlaser oder diodengepumpte Festkörperlaser in Betracht. Die Laserwellenlänge wird auf die Eigenschaften des abzutragenden Materials abgestimmt und kann beispielsweise auf oder neben eine Absorptionsbande oder Rotationsbande des abzutragenden Materials gesetzt werden.

Als weiterer Parameter, der die Qualität der Abtragung des Randbereichs vorgeben kann, steht die Verfahrgeschwindigkeit zur Verfügung, mit der Laserstrahl und Substrat relativ zueinander bewegt werden.

Die relevanten Parameter können gemäß der vorliegenden Erfindung anhand von Erfahrungswerten, beispielsweise in Tabellen, vorgegeben werden oder während der Abtragung ständig überwacht und angepasst bzw. geregelt werden. Gemäß der letztgenannten Alternative wird ein abgetragener Randbereich oder ein abgetragenes Testfeld, das im Wesentlichen identisch zu dem abzutragenden Randbereich beschichtet ist, optisch erfasst und ausgewertet. Ein Beispiel für ein Testfeld 13 ist in der Fig. 3 dargestellt und befindet sich in unmittelbarer Nähe zu dem abzutragenden Randbereich 4. Selbstverständlich kann sich das Testfeld 13 auch an einem anderen Ort, auch außerhalb des Substrats 2, befinden. Soll die Qualität der Abtragung anhand des Randbereichs 4 beurteilt werden, so kann der Randbereich in unmittelbarer Nähe zu dem Laserfokus 10 oder kann

ein dem Laserfokus 10 in Verfahrrichtung nachgeordneter, bereits abgetragener Randbereich herangezogen werden.

Das Testfeld bzw. der bereits abgetragene Randbereich kann in Reflexion, Transmission oder anhand eines gestreuten Lichts optisch abgetastet und beurteilt werden. Grundsätzlich kann zur Bewertung der Qualität der Abtragung auch ein abgetragener Randbereich oder ein abgetragenes Testfeld mikroskopisch oder mit Hilfe einer makroskopischen Aufnahme ausgewertet werden.

Die Auswertung erfolgt bevorzugt in einem Computer, wo die erfassten Werte und/oder Aufnahmen ausgewertet und mit vorab gespeicherten Referenzwerten verglichen werden. Im Falle einer unerwünschten Abweichung werden dann einer oder mehrere der vorgenannten relevanten Parameter solange angepasst oder geregelt, bis eine ausreichende Qualität der Abtragung in dem Randbereich bzw. Testfeld festgestellt wird.

Mit dem vorgenannten Verfahren kann der Randbereich in beliebigem Umfang abgetragen werden, also beispielsweise auch bis zur halben Stärke oder einer beliebigen anderen Stärke der abzutragenden Schicht 3. Bevorzugt wird jedoch die Schicht des Randbereichs 4 im Wesentlichen vollständig abgetragen. Durch geeignete Wahl der relevanten Parameter kann der Randbereich zusätzlich auch geeignet geformt werden, beispielsweise geglättet oder gerundet werden. Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich durch eine besonders schonende Abtragung des Randbereichs 4 aus, ohne dass sich störende Splitter oder Partikel auf anderen, nicht abzutragenden Bereichen der Schicht 3 ablagern.

Wenngleich vorstehend beschrieben wurde, dass das erfindungsgemäße Verfahren ohne weitere Verwendung von Lösungsmitteln und/oder Ätzmitteln auskommt, kann das Verfahren grundsätzlich auch zusätzlich Gebrauch von geeigneten Lösungsmitteln und/oder Ätzmitteln machen, beispielsweise in nachgeordneten Prozessschritten. Aufgrund der besonders schonenden Abtragung des erfindungsgemäßen Verfahrens führen jedoch solche nachgeordneten Prozessschritten zu weniger Fehlern oder Inhomogenitäten in der auf das Substrat aufgetragenen Schicht.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Entfernen eines Randbereichs (4) einer Schicht (3), die auf einem Substrat (2) aufgebracht ist, bei welchem Verfahren ein Laserstrahl (7) auf den Randbereich (4) abgebildet und der Randbereich (4) durch den Laserstrahl abgetragen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Laserstrahl mit Hilfe eines Abbildungsmittels (8) auf den Randbereich punkt- oder linienförmig fokussiert wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Laserstrahl (7) so auf den Randbereich abgebildet wird, dass der Laserstrahl im Wesentlichen senkrecht auf die Oberfläche des Substrats einfällt oder dass der Laserstrahl im wesentlichen parallel zu einer von der Substratoberfläche aufgespannten Ebene einfällt, wobei der Laserstrahl vorzugsweise tangential zu einem Rand des Substrats einfällt.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Laserstrahl (7) den Randbereich (4) verdampft.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der abgetragene Randbereich (4), insbesondere verdampfte Teilchen und Partikel der Schicht, von einer Absaugvorrichtung abgesaugt oder von einer Abblasvorrichtung weggeblasen wird, die in der Nähe des Randbereichs (4) angeordnet ist.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Substrat im Wesentlichen kreisrund ist und die Schicht aufgeschichteten Photolack umfasst.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Laserstrahl (7) und das Substrat (4) relativ zueinander bewegt werden, während der Laserstrahl den Randbereich (4) abtastet, um diesen abzutragen.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Laserstrahl (7) geringfügig hin- und her bewegt wird, während der Laserstrahl den Randbereich (4) abträgt.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der von dem Laserstrahl abgetragene Randbereich oder ein Testfeld (13), das im Wesentlichen identisch zu dem Randbereich beschichtet ist, optisch abgetastet wird, um einen Parameter des Laserstrahls, insbesondere dessen Leistung oder Pulsdauer so anzupassen oder zu regeln, dass der Randbereich (4) oder das Testfeld im Wesentlichen vollständig abgetragen wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem ein Blendenmittel (12) verhindert, dass der Laserstrahl auf andere Bereiche des Substrats (2) als den abzutragenden Randbereich (4) abgebildet wird.

11. Verfahren zum Beschichten eines Substrats (2) mit einer Schicht (3), insbesondere mit einer Photolackschicht zur Verwendung in einem mikrolithographischen Verfahren, bei welchem Verfahren die Schicht auf das Substrat aufgebracht und ein Randbereich (4) der aufgebrachten Schicht mit Hilfe eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche abgetragen wird.

12. Substrat, das mit einer Schicht (3), insbesondere mit einer Photolackschicht zur Verwendung in einem mikrolithographischen Verfahren, beschichtet ist, dadurch gekennzeichnet, dass ein Randbereich (4) der Schicht mit Hilfe eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche abgetragen ist.

13. Substrat nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht einen schwer löslichen Photolack umfasst.

14. Substrat nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Randbereich (4) im Wesentlichen gleichmäßig abgetragen ist, wobei eine Stirnseite des Randbereichs (4) im Wesentlichen frei von der abzutragenden Schicht ist.

15. Vorrichtung zum Entfernen eines Randbereichs (4) einer Schicht (3), die auf einem Substrat (2) aufgebracht ist, umfassend eine Laserlichtquelle, um einen Laserstrahl (7) abzustrahlen, und ein Abbildungsmittel (8), um den Laserstrahl auf den Randbereich (4) des Substrats (2) abzubilden, wobei die Laserlichtquelle ausgelegt ist, um den Randbereich (4) mit dem Laserstrahl abzutragen.

16. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, bei der das Abbildungsmittel (8) ausgelegt ist, um den Laserstrahl auf den Randbereich punkt- oder linienförmig zu fokussieren.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 oder 16, bei der das Abbildungsmittel (8) ausgelegt ist, um den Laserstrahl (7) so auf den Randbereich abzubilden, dass der Laserstrahl im Wesentlichen senkrecht auf die Oberfläche des Substrats einfällt oder dass der Laserstrahl im wesentlichen parallel zu einer von der Substratoberfläche aufgespannten Ebene einfällt, wobei der Laserstrahl vorzugsweise tangential zu einem Rand des Substrats einfällt.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 17, bei der die Laserlichtquelle so ausgelegt ist, dass der Laserstrahl (7) den Randbereich (4) verdampft.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 18, bei der außerdem eine Absaugvorrichtung (9) oder eine Abblasvorrichtung in der Nähe des Randbereichs (4) angeordnet ist, um den abgetragenen Randbereich (4), insbesondere verdampfte Schichtteilchen und Schichtpartikel, abzusaugen oder wegzublasen.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 19, weiterhin umfassend ein Haltemittel (5), um ein Substrat, das im Wesentlichen kreisrund ist und auf das eine Photolackschicht aufgeschleudert bzw. mittels spin coating aufgeschichtet worden ist, zu halten.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 20, die so ausgelegt ist, dass der Laserstrahl (7) und das Substrat (4) relativ zueinander bewegt werden, während der Laserstrahl den Randbereich (4) abtastet, um diesen abzutragen.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 21, die so ausgelegt ist, dass der Laserstrahl (7) geringfügig hin- und her bewegt wird, während der Laserstrahl den Randbereich (4) abträgt.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 22, weiterhin umfassend eine optische Abtastvorrichtung, um den von dem Laserstrahl abgetragenen Randbereich oder ein Testfeld (13), das im Wesentlichen identisch zu dem Randbereich beschichtet ist, optisch abzutasten, um einen Parameter des Laserstrahls, insbesondere dessen Leistung oder Pulsdauer so anzupassen oder zu regeln, dass der Randbereich (4) oder das Testfeld im Wesentlichen vollständig abgetragen wird.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 23, weiterhin umfassend ein Blendenmittel (12), um zu verhindern, dass der Laserstrahl auf andere Bereiche des Substrats (2) als den abzutragenden Randbereich (4) abgebildet wird.

25. Vorrichtung zum Beschichten eines Substrats (2) mit einer Schicht (3), insbesondere mit einer Photolackschicht zur Verwendung in einem mikrolithographischen Verfahren, umfassend eine Beschichtungsvorrichtung, um die Schicht auf das Substrat aufzubringen, und eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 24, um einen Randbereich (4) der aufgebrachten Schicht abzutragen.

1a

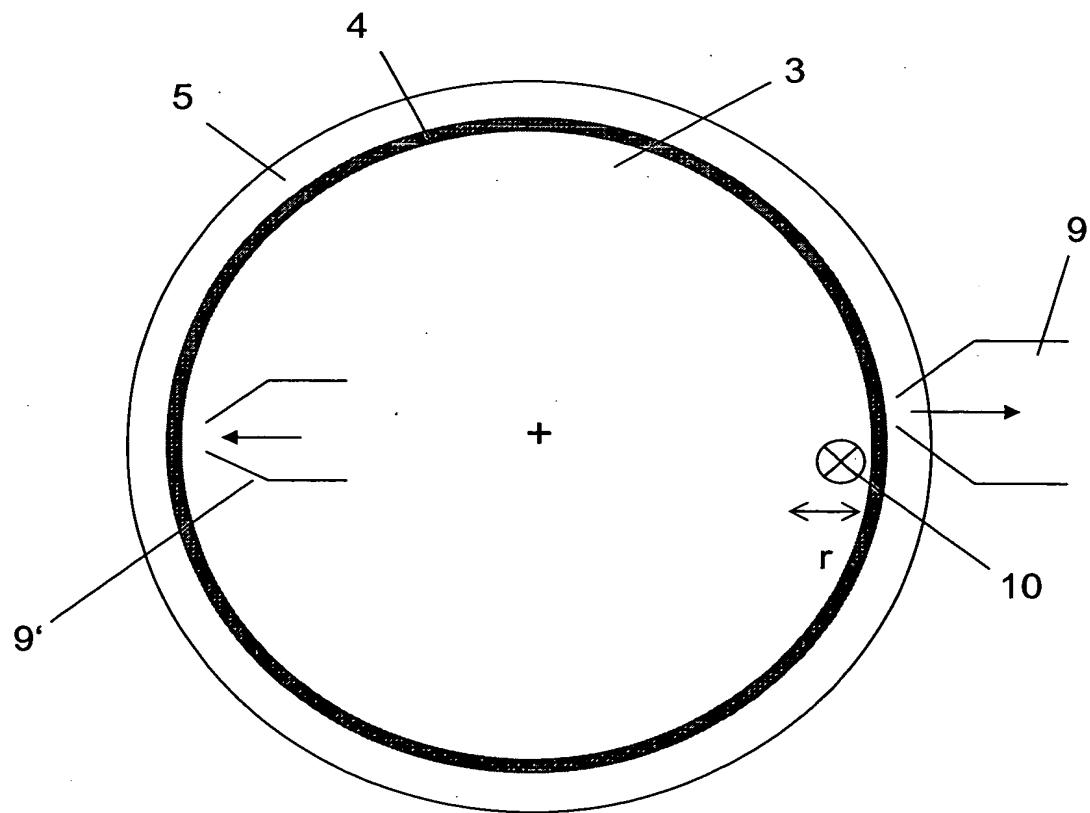
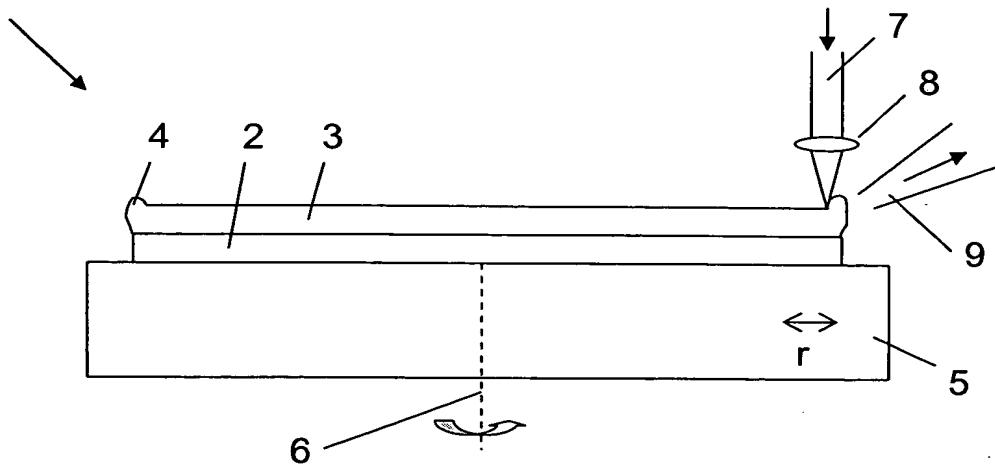


Fig. 1

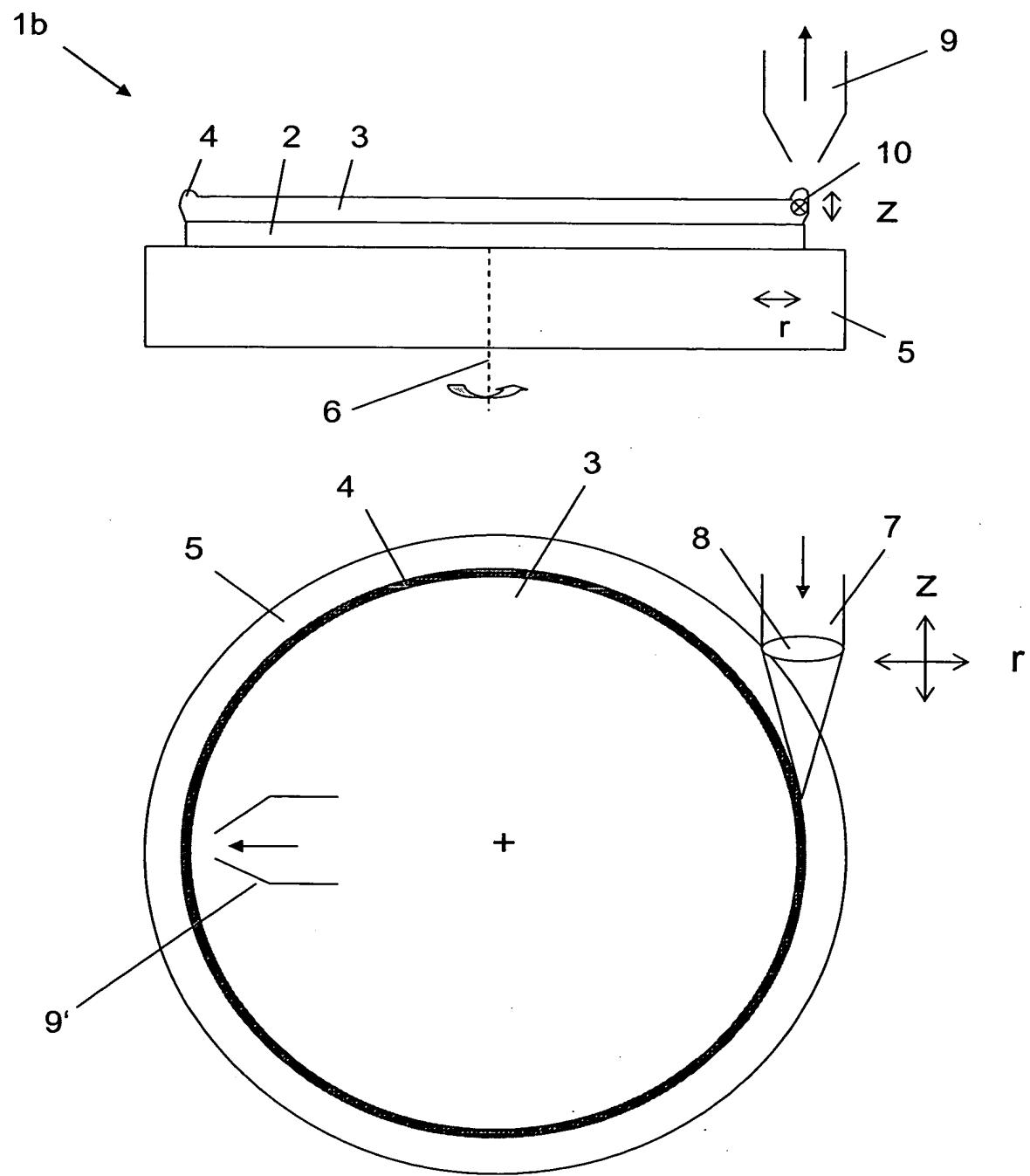


Fig. 2

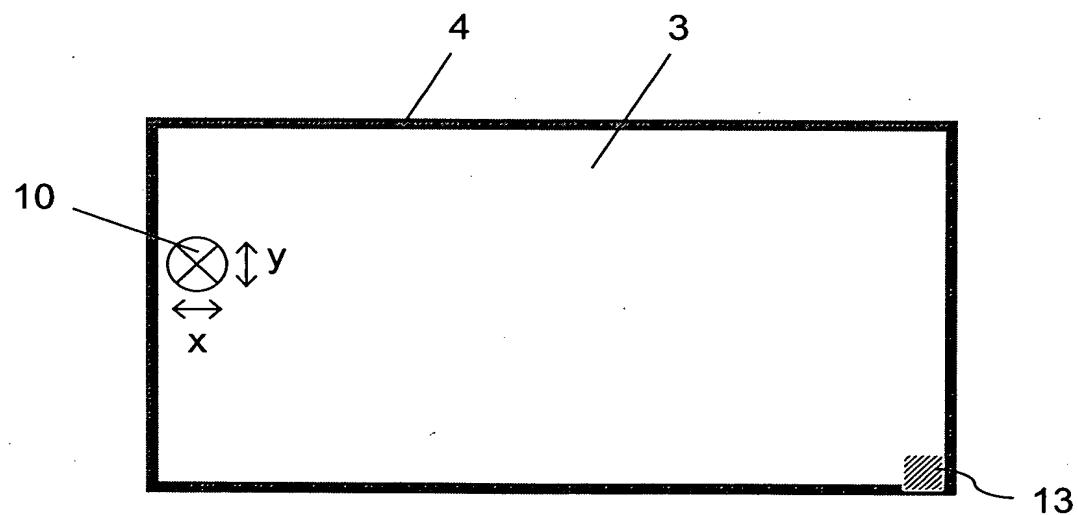
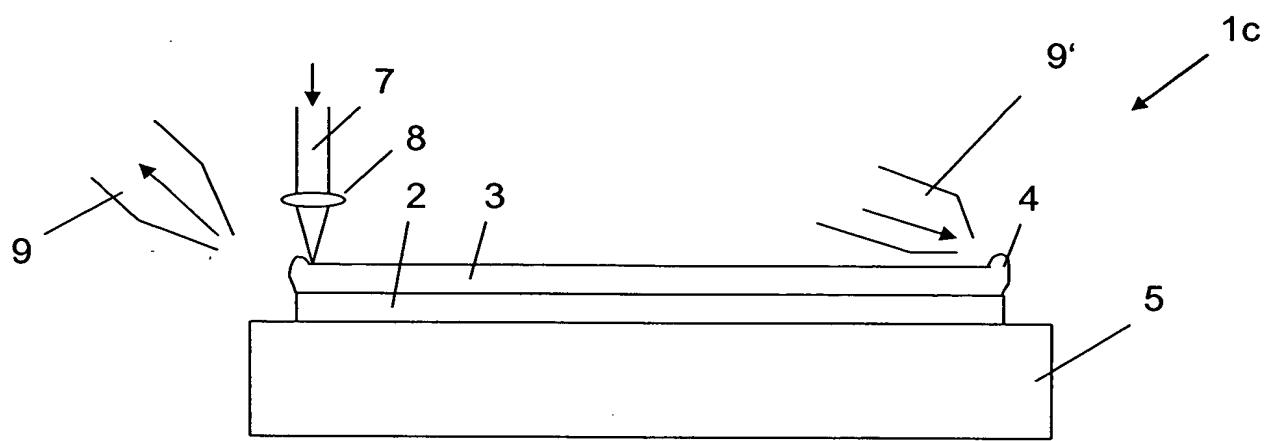


Fig. 3

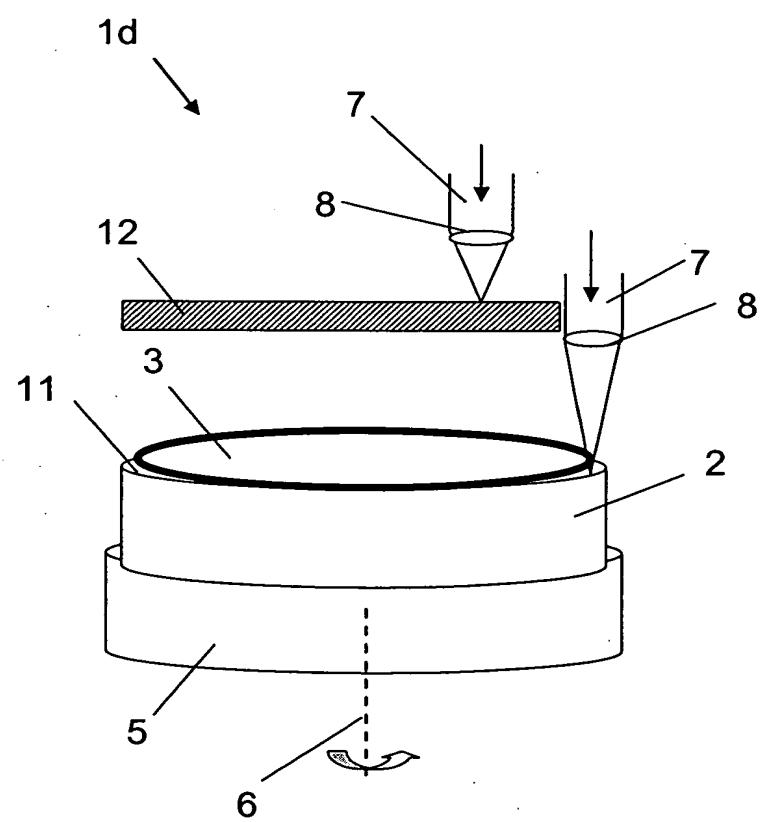


Fig. 4

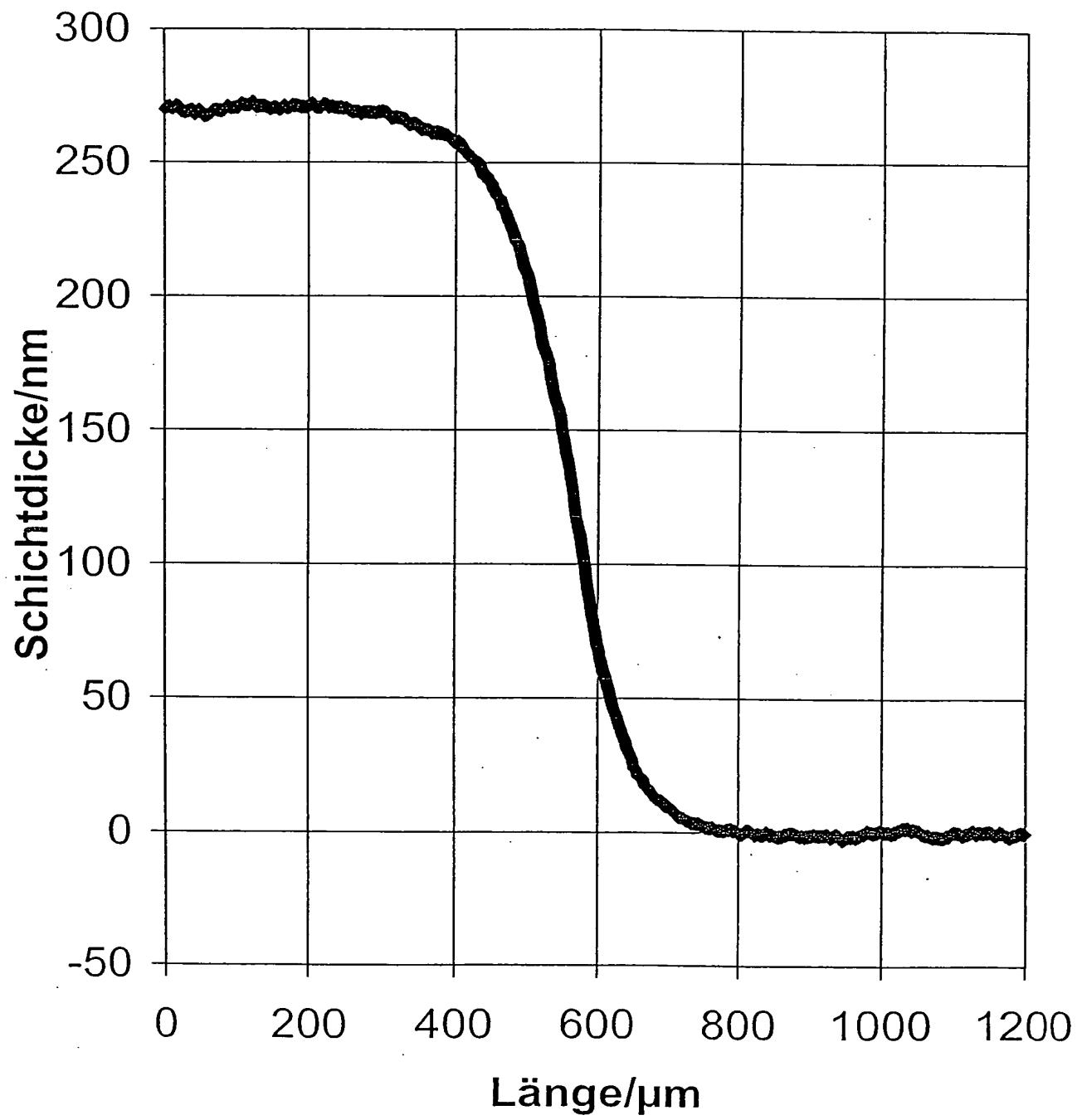


Fig. 5a

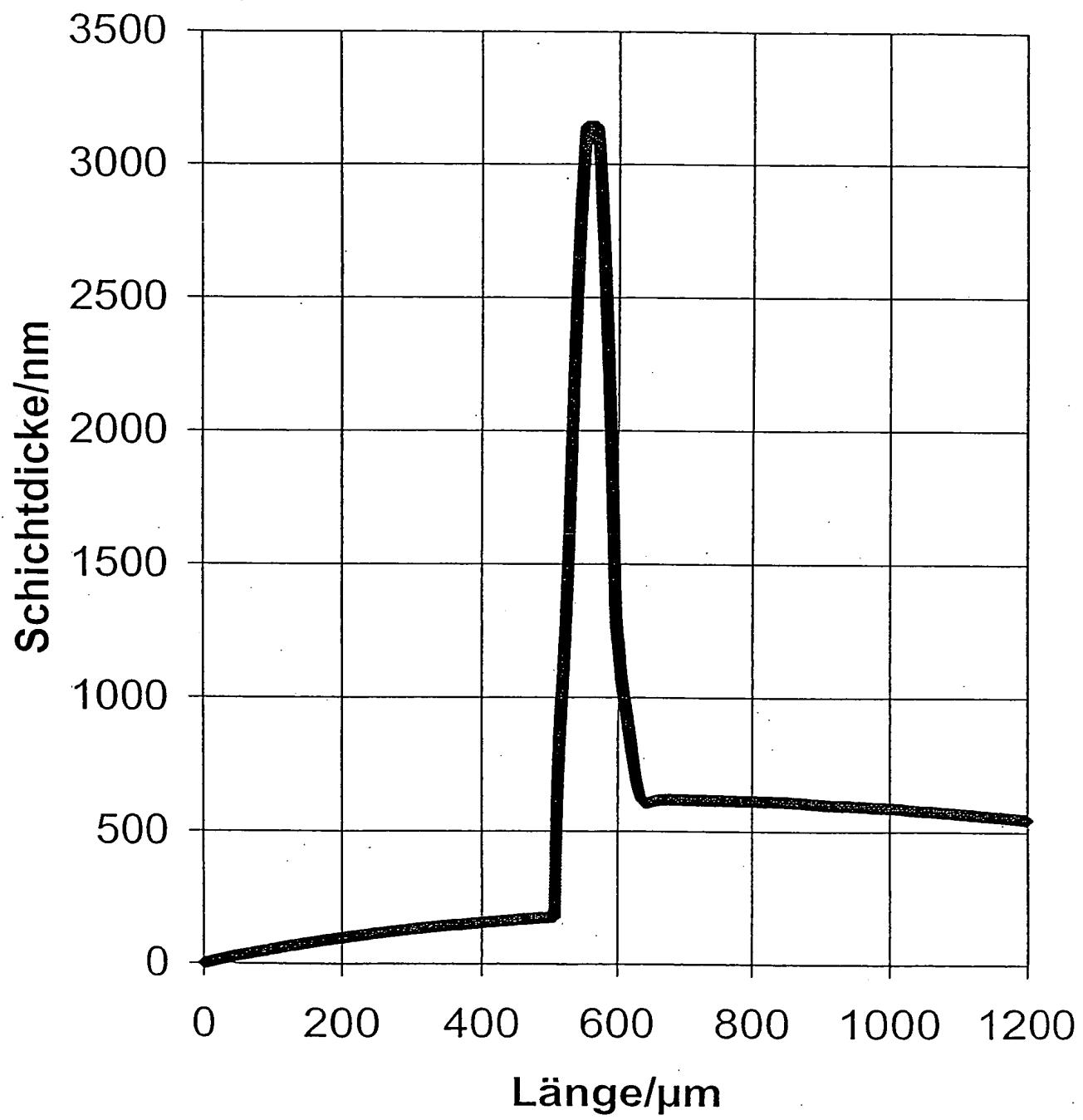


Fig. 5b

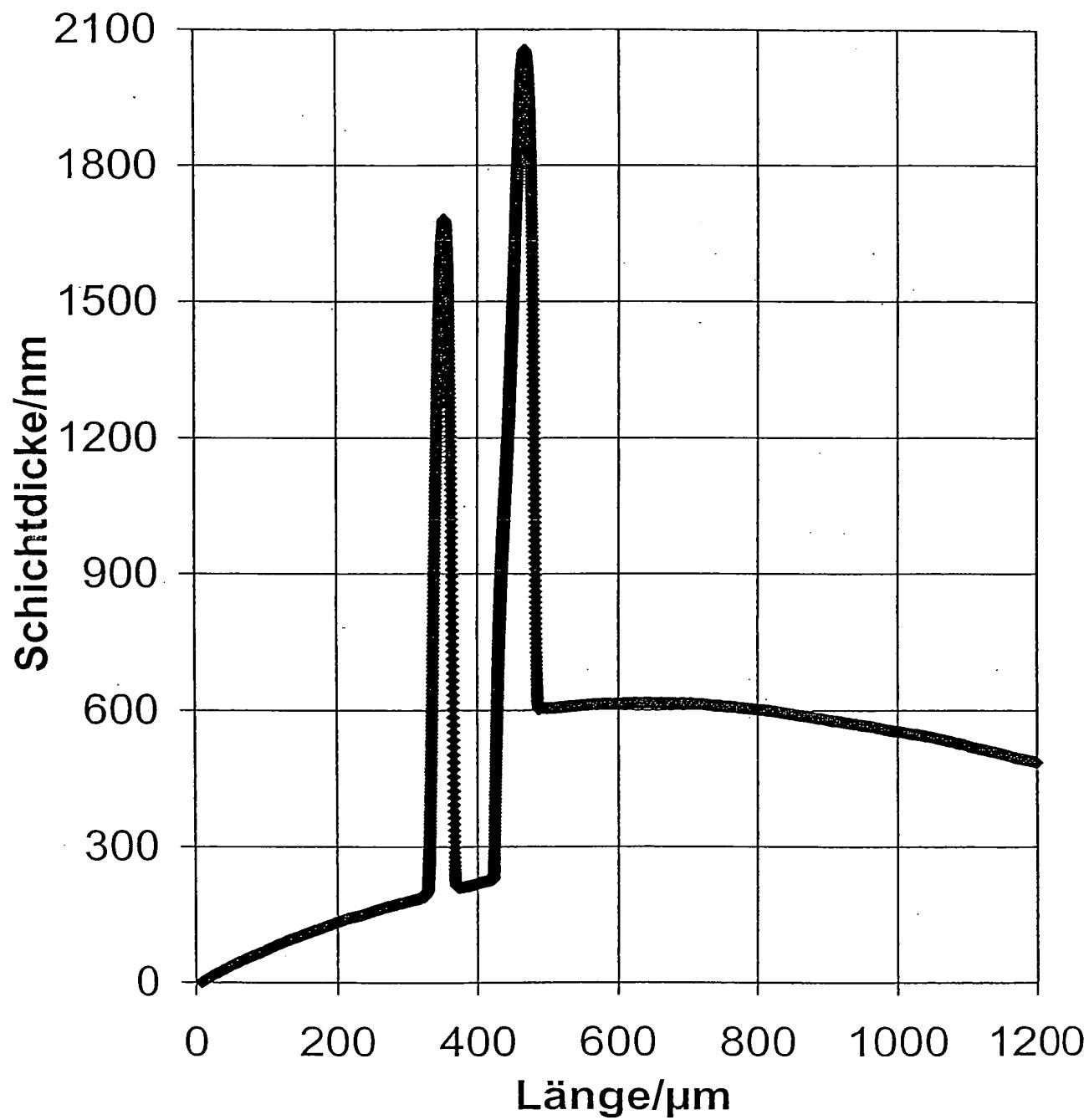


Fig. 5c